

Brückenbau zwischen Naturwissenschaft und Kunst

Menn, Christian

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1998 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.181-193



J. Cramer Verlag, Braunschweig

PROF. DR.-ING. CHRISTIAN MENN

Brückenbau zwischen Naturwissenschaft und Kunst

Sehr geehrter Herr Präsident,
sehr geehrter Herr Oberbürgermeister,
lieber Herr Kollege Scheer,
meine sehr verehrten Damen und Herren,

der Beschluss des Konzils der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, mir die Carl-Friedrich-Gauss-Medaille 1998 zuzuerkennen, hat mich ausserordentlich gefreut aber auch überrascht; gefreut habe ich mich, weil ich mir der Bedeutung der ehrenvollen Auszeichnung, die nach einem der grössten Gelehrten benannt ist und seit 1949 verdienten Wissenschaftlern und Ingenieuren verliehen wird, wohl bewusst bin; warum ich überrascht war, werde ich noch zu erklären haben. Zunächst möchte ich danken.

Ich danke allen Mitgliedern des Konzils der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und ihrem Präsidenten Herrn Prof. Dr. Norbert Kamp für die grosse Auszeichnung und das Vertrauen, das sie mir entgegengebracht haben. Ich danke für die würdige Feier, ich danke Oberbürgermeister Werner Steffens für das Gastrecht im prachtvollen Altstadtrathaus und ich danke der Pianistin und der Klarinetistin für den wunderschönen musikalischen Rahmen. Ich danke meinem verehrten, lieben Kollegen Prof. Dr. Joachim Scheer für seine sehr wohlwollende Laudatio; ich danke den Herren Prof. Dr. Ing. Werner Lorenz, Dr. Manfred Sack und meinem Freund und Kollegen Prof. Dr. Jörg Schlaich für ihre ausgezeichneten und interessanten Vorträge; ich danke meinen Freunden und Kollegen und nicht zuletzt Ihnen meine sehr verehrten Damen und Herren für Ihre Anwesenheit.

Und nun will ich Ihnen doch noch ganz kurz sagen, warum mich die ehrenvolle Auszeichnung überrascht hat und warum auch der grosse Mathematiker und Astronom Carl-Friedrich Gauss den Beschluss des Konzils mit einigem Stirnrunzeln zur Kenntnis genommen hat bzw. hätte: Ich bin zwar als Gymnasiast über meine Vorliebe für Mathematik an die ETH und zu meinem Beruf als Bauingenieur gekommen. Als Student faszinierten mich Funktionentheorie, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Fehlertheorie und ich war als Ingenieurstudent zunächst etwas enttäuscht, dass sich Tragwerke nicht auf direktem, streng mathematischem Weg konzipieren und berechnen liessen. Damals hätte der grosse Gauss vielleicht noch Freude an mir gehabt. Aber das liegt nun weit zurück, über ein halbes Jahrhundert. Ich habe mich heute weit von der Mathematik entfernt; es zählen im Entwurf, in meinem nun verbliebenen Tätigkeitsfeld auf der einen Seite nur noch Grössen erster Ordnung, Eckwerte wie Gleichgewicht und einfache, klare Wege für den Kraftfluss. Und auf der anderen Seite fasziniert mich heute der transzendente Kern der Baukultur viel mehr als das genaue, mathematisch-naturwissenschaftliche Verhalten eines Tragwerks. Ich habe gelernt, dass es ohne weiteres möglich ist, die Eignung eines Tragwerkkonzepts bzw. die Machbarkeit einer Brücke mit einer 10 seitigen Handrechnung nachzuweisen.

Viel Begeisterung bringe ich deshalb nicht mehr auf für praxisferne Sophistereien aus Labors und Computern. Ich bitte den grossen Gelehrten ehrfurchtsvoll um Entschuldigung für mein inzwischen etwas abgeflachtes Mathematikverständnis. Nach diesen klärenden Worten, möchte ich nun zum Thema meines Vortrags über

„Brückenbau zwischen Naturwissenschaft und Kunst!“

übergehen; doch eine Vorbemerkung habe ich noch: Wenn man eine ehrenvolle Auszeichnung entgegennehmen darf, ist man geneigt, sich und seine Arbeit sehr ernst zu nehmen. Wer sich aber zu ernst nimmt, der wird nicht mehr ernst genommen. Und darum sollte ich eigentlich einen bescheidenen, eher heiteren Vortrag halten, der meiner Stellung und meinem kleinen Beitrag im Bereich der Wissenschaft entspricht. Aber dieses eine Mal möchte ich dem feierlichen Anlass entsprechend ernst bleiben und ich möchte hoffen, dass ich trotzdem ernst genommen werde. Es geht dabei nicht um mich, es geht auch nicht um meine Arbeit, es geht um meinen Beruf, zu dem ich heute, nach 50 jähriger Tätigkeit leider ein etwas zwiespältig-ambivalentes Verhältnis habe: Das Bauingenieurwesen ist im Prinzip ein schöner Beruf, der grossartige Möglichkeiten bietet; aber das Ansehen und Prestige, das unser Beruf vor allem im späten 19. und frühen 20. jh. mit dem Bau der grossen Eisenbahnbrücken, dem Bau des Eiffelturms und dem Bau der George Washington und Golden Gate Brücke hatte, ist heute trotz oder gerade wegen all unseren Anstrengungen an den Hochschulen wesentlich kleiner geworden; der frühere Glanz ist verblasst. Wir haben viel erforscht und gelernt; aber kreative Bereiche wurden vernachlässigt. Die meisten Aufgaben wurden zwar mit immer grösserem Berechnungsaufwand aber nur noch nach ökonomischen Gesichtspunkten gelöst; die Architektur ging ihre eigenen Wege und neue, dynamische Hightech-Berufe haben uns überholt. Unsere Zielsetzungen müssen in der Ausbildung und Praxis hinterfragt werden; mir scheint, dass der Beruf des Bauingenieurs in eine Strukturkrise geraten ist.

Blick auf die Genetik des Bauingenieurwesens

Es gab schon immer Ingenieure, wenn man unter Ingenieuren diejenigen versteht, die für ein Bauwerkskonzept zum voraus Massnahmen für die Erstellung, Standsicherheit, Zweckmässigkeit und Dauerhaftigkeit erdenken und planen. Schon der Bau der Aegyptischen Pyramiden war in Bezug auf die Gewinnung, den Transport und das Aufschichten von über zwei Millionen etwa drei Tonnen schweren Steinblöcken für ein einziges Bauwerk ein typisches Ingenieurproblem; und ohne Ingenieure war auch in der Antike materieller Wohlstand und der Aufbau eines Staatswesens nicht denkbar. Strassen und Brücken, Stadtbefestigungen, Wasserleitungen und Aquädukte waren jedenfalls für das Römische Reich von existentieller Wichtigkeit.

Im Altertum und Mittelalter war aber der Ingenieur in der Regel nicht Spezialist sondern mit dem Architekten und oft auch mit dem ausführenden Handwerker integriert im universellen Baumeister. Aber immer war es der Ingenieur im Baumeister, der auch für den Erfolg des Architekten und des Handwerkers im Baumeister verantwortlich war - und

sicher nicht umgekehrt. Beim „Militäringenieur“ und Architekten Vitruv, den man vielleicht als ersten grossen Architekturtheoretiker bezeichnen könnte, stand jedenfalls in seinem 10 bändigen Kaiser Augustus gewidmeten Werk über die Architektur die *Firmitas* d.h. die Standsicherheit der Konstruktion an erster Stelle der architektonischen Zielsetzungen. Und schon 1800 Jahre früher stand im Codex Hammurapi, des Babylonischen Königs Hammurapi, im Sinne einer Baunorm schlicht und einfach: „Wenn ein Baumeister ein Haus baut und macht seine Konstruktion nicht stark genug, so dass es einstürzt und verursacht den Tod des Bauherrn, dieser Baumeister soll getötet werden“.

Aber am eindrucklichsten zeigte sich wahrscheinlich die Prävalenz des Ingenieurs im Profil des Baumeisters in der Byzantinischen Baukunst, vorab in der im 6. Jahrhundert erbauten Hagia Sophia in Konstantinopel (Bild 1), in den vielen späteren, grossartigen Moscheen des Islam und eben auch in den europäischen Kathedralen, Kuppeln und Türmen der Renaissance und des Barock. Je besser der Ingenieur im Baumeister war, um so kühner waren diese Prachtsbauten. Brunelleschi musste abgesehen von sehr soliden Grundkenntnissen im Messen und Wägen und in der Geometrie und Arithmetik, ziemlich klare Vorstellungen vom Kraftfluss in einer Kuppel gehabt haben, wenn er die 42 m weit gespannte Kuppel des Doms von Florenz (Bild 2) ohne Gerüst bauen wollte und konnte; und der Wiederaufbau der Frauenkirche in Dresden zeigt, dass Baumeister Georg Bähr im frühen 18. Jahrhundert Ingenieurprobleme lösen musste, die selbst bei den heutigen Mitteln sehr anspruchsvoll sind.



Bild 1: Hagia Sophia, Konstantinopel



Bild 2: Santa Maria del Fiore, Dom von Florenz

Bei allen grossen Bauwerken des Altertums und des Mittelalters verband sich die Architektur mit der Konstruktion zur einer harmonischen Baukultur; nicht nur bei Sakral- und Repräsentationsbauten sondern auch bei den Brücken und Aquädukten der Römer (Bild 3) und auch bei den relativ wenigen Brücken des Mittelalters. Battista Alberti, Nachfolger Vitruvs als Architekturkritiker in der Renaissance, bezeichnet deshalb die Baukunst zu Recht als universell, weil sie die mathematischen Grundlagen, die Bautechnik und die Künste umfasst. Aus dieser Sicht und in diesem Umfeld lässt sich auch Leonardo da Vinci verstehen, wenn er sich am Hofe der Sforza in Mailand mit sehr diversivisierten Leistungen und Qualitäten empfahl: Mit dem Bau leichter und starker Brücken und Methoden zur Zerstörung feindlicher Brücken, mit Befestigungsanlagen und Belagerungsmethoden, mit dem Bau von Kampfwagen, Bombarden, Mörsern, Katapulten, Wurfmaschinen und Donnerbüchsen; aber auch, Zitat: „In Zeiten des Friedens glaube ich aufs beste, in Vergleich mit jedem anderen, in der Architektur, im Entwurf von Gebäuden, sowohl öffentlichen wie auch privaten, Genüge leisten zu können. Und im Leiten von Wasser von einem Ort zum anderen. Item werde ich Skulptur ausführen in Marmor, in Bronze und in Ton; ebenso Malerei, was sich machen lässt, in Vergleich mit jedem anderen, und sei er, wer er wolle.“

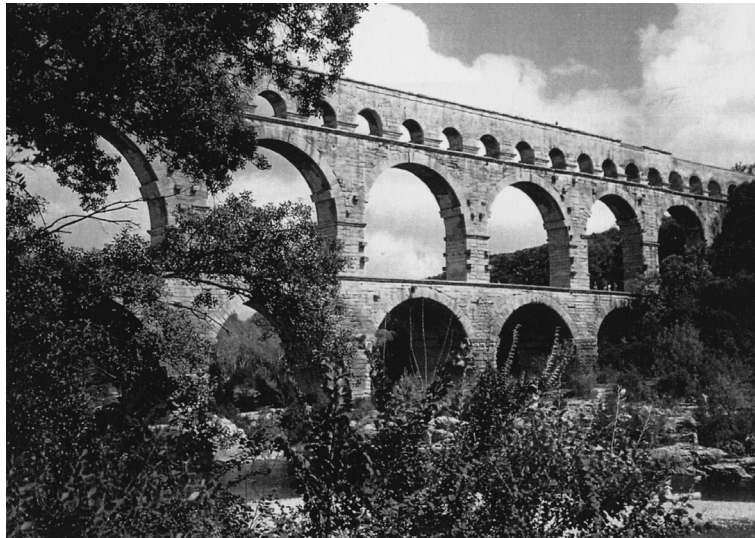


Bild 3: Pont du Gard, Nîmes

Jedenfalls standen damals Ingenieurwesen und Architektur vereint und ausgewogen im Gleichgewicht zwischen Mathematik und Naturwissenschaft auf der einen und Kunst auf der anderen Seite.

Am Ende des 18. Jahrhunderts, in der Zeit des grossen Umbruchs mit der politischen und industriellen Revolution fand auch eine bauwirtschaftliche Revolution statt: Aus dem universellen Baumeister wurden der Ingenieur und der Architekt. Wegbereiter der bauwirtschaftlichen Revolution waren die grossen Mathematiker und Naturwissenschaftler des 17. und 18. Jahrhunderts wie Descartes, Hooke, Newton, Bernoulli, Leibniz, Euler, Coulomb, Gauss etc., die dann vor allem Navier (1785 - 1836) veranlassten, die technische Mechanik konsequent zur Berechnung der Baukonstruktionen heranzuziehen, mit dem Ziel

bei minimalem Aufwand ausreichende Sicherheit
zu gewährleisten.

Hier trennten sich Ingenieur und Architekt:

Der Ingenieur erhielt für seine Arbeit eine klare Zielsetzung und richtete seinen Blick von nun an vor allem auf die Naturwissenschaft.

Der Architekt wurde in die (künstlerische) Freiheit entlassen und richtete seinen Blick vor allem auf die Kunst.

Naturwissenschaften - Ingenieurwesen - Architektur - Kunst

In Bezug auf künstlerische Freiheit entspricht das Beziehungsfeld Naturwissenschaft-Ingenieurwesen - Architektur - Kunst einem Fächer: Die Naturwissenschaft ist eindeutig, exakt, statisch und unveränderbar und es gibt in den Naturwissenschaften keine künstlerische Freiheit. Die Kunst ist dagegen völlig offen und frei und dynamisch. Die Bandbreite reicht in der Kunst vom Kitsch bis zur Scharlatanerie, und deutliche Grenzen sind nicht erkennbar. Ingenieurwesen und Architektur befinden sich zwischen diesen beiden Polen; das Ingenieurwesen näher bei der Naturwissenschaft, die Architektur näher bei der Kunst. Dementsprechend ist auch die künstlerische Freiheit in den beiden Berufsgruppen stark unterschiedlich:

Im Ingenieurwesen kann (fast) nur die Konstruktion als architektonisch-künstlerisches Ausdrucksmittel verwendet werden, und dabei ist die Konstruktion immer an physikalische Gesetze und weitgehend auch an die Ökonomie gebunden. In der Architektur können dagegen neben der Konstruktion noch viele andere wichtige Elemente wie z.B. der Baukörper, die Baustoffe, die Fassade, die Raumanordnung, die Lichtführung, die Beleuchtung etc. als architektonisch-künstlerische Ausdrucksmittel verwendet werden, und die ökonomischen Grenzen sind unter Umständen sehr offen.

Die Konstruktion wird im Hochbau fast nie - weder von den Architekten noch von den Ingenieuren - als architektonisches Ausdrucksmittel eingesetzt. Einerseits, weil die Architekten wenig oder zu wenig von Konstruktion verstehen, um mit ihr gestalten zu können und andererseits weil die Ingenieure in der Ausbildung viel zu wenig Grundlagen für konstruktive Kreativität mitbekommen, um später in der Praxis gestalterisch-phantasievoll mit der Konstruktion zu spielen. Eigentlich unverständlich, denn gestaltete Konstruktion ist die faszinierendste, ehrlichste und überzeugendste architektonische Ausdrucksform, weil hier Gestaltungskunst nicht willkürlich sein kann sondern weil sie auf klaren physikalischen Gesetzen aufbauen muss.

Seit der Trennung von Ingenieur und Architekt bzw. seit dem Uebergang vom handwerklich-empirischen zum technisch-wissenschaftlichen Ingenieur hat sich in den letzten 200 Jahren nicht mehr viel verändert. Die unterschiedliche Ausbildung und die intensive Forschung und Normierung im Ingenieurwesen führten eher zu einer zunehmenden Polarisierung als zu einer Annäherung der beiden Berufsgruppen.

Viele Ingenieure focussieren heute ihren Blick nur noch auf die Naturwissenschaft, und vernachlässigen jede Berufs-Beziehung zur Kunst.

Demgegenüber demonstrieren insbesondere sogenannte Stararchitekten eine manchmal arrogante künstlerische Ueberheblichkeit und vernachlässigen oft vorsätzlich ihre Berufs-Beziehungen zur Naturwissenschaft.

In beiden Berufsgruppen gab und gibt es Ausnahmen; Ingenieure und Architekten, die im Sinne der universellen Baumeister Ihren Blick nicht nur auf den naheliegenden sondern auch auf den Gegenpol richten; z.B. Nervi, für den der künstlerische Ausdruck der Tragkonstruktion einen entscheidenden Stellenwert hatte (Bild 4); oder Le Corbusier, der sich vorstellen mochte, dass in der Naturwissenschaft auch eine künstlerische Wahrheit verborgen sein könnte, wenn er sagte: „L’Ingenieur inspiré par la loi d’économie et conduit par le

calcul, nous met en accord avec les loi de l'univers“. (Frei von mir übersetzt: Der Ingenieur, von der Berechnung geleitet, und das Ziel des kleinsten Energieaufwandes anstrebbend, steht im Einklang mit den Gesetzen des Universums)

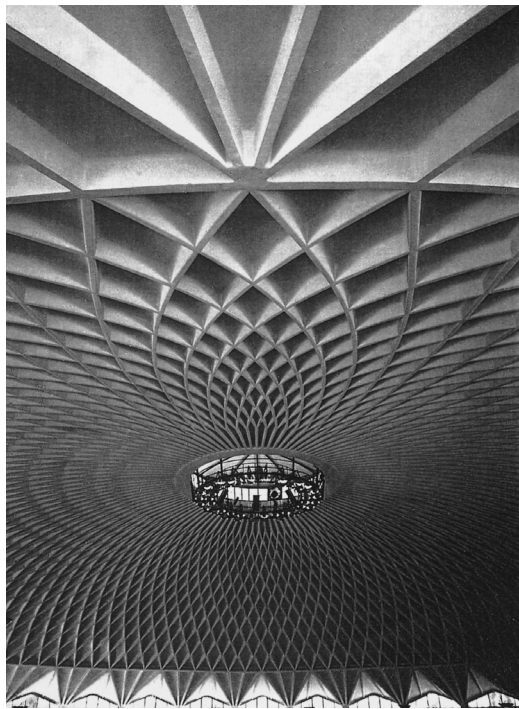


Bild 4: Palazzetto dello Sport, Rom

Der Ingenieur in der eigenen Falle

Heute am Ende des 20. Jahrhunderts befinden wir uns wieder in einer Zeit des Umbruchs wie vor genau 200 Jahren. Nach den grossen politischen Veränderungen erleben wir mit der Globalisierung der Wirtschaft und einer explodierenden Informatik und Kommunikation eine zweite industrielle Revolution.

Im Ingenieurwesen führte die Globalisierung zu einer ausufernden Normierung und Standardisierung und die Informatik ermöglichte Berechnungen und Untersuchungen, die früher nicht einmal denkbar waren.

Die Normierung geht heute so weit dass sie vom praktischen Ingenieur bei weitem nicht mehr überblickt werden kann, und deshalb werden im Uebermass Qualitätssicherungssysteme und ein zunehmend bürokratisches Prüfwesen eingeführt.

Die Informatik leistet in der Forschung und in der Praxis ausserordentlich wertvolle Dienste; allerdings werden nun auch bei einfachen Bauwerken Untersuchungen verlangt und durchgeführt, die das Notwendige und Vernünftige bei weitem übersteigen. Der Planungsaufwand ist überproportional angewachsen.

Durch den gewaltigen Forschungsschub, den die Informatik an den Hochschulen ausgelöst hat, haben sich die Hochschulen vor allem - aber nicht nur - in Amerika von der Praxis weit entfernt. Forschungs-Professoren haben in der Regel keine Ahnung von Bauwerkskosten, und noch schlimmer, sie erkennen oft nicht einmal mehr, dass es wichtiger wäre, Forschungserkenntnisse im Tragwerkskonzept zu berücksichtigen als falsche Konzepte mit grossem Aufwand einigermaßen gesund zu rechnen. D. h. zum Beispiel, dass bei einer grossen Brücke in einem Erdbebengebiet viel mehr Wert auf geeignete Pfeilerstandorte, hohe Systemredundanz und grosse Systemductilität gelegt werden sollte als auf eine ausufernde, scheinbar genaue Berechnung eines mehr oder weniger willkürlich gewählten Tragwerks.

Nicht nur bei Professoren in High-Tech-Berufen und nicht nur an amerikanischen Universitäten sondern auch bei Bauingenieur-Professoren bestehen die Leistungsausweise prioritär aus Forschungspublikationen, Dissertationen und der Mitarbeit in internationalen Normenkommissionen. In der Bauingenieur-Praxis wären aber vor allem Kreativität, konstruktive Phantasie, Innovation und hochkarätige Baukultur gefragt. Diesen Zwiespalt zwischen Hochschule und Praxis gibt es in den High-Tech-Naturwissenschaften nicht; im Bauingenieurwesen ist er heute jedoch evident. An der Abteilung für Bauingenieurwesen der ETH werden zur Zeit prozentual mehr Dissertationen erarbeitet als an der juristischen Fakultät der Universität Zürich, wo die jungen lizenzierten Juristen möglichst rasch weg von der heimischen Universität zum Anwaltspatent oder zum Abschluss eines Oekonomiestudiums an einer (amerikanischen) Universität streben.

Es ist erfreulich und es ist überhaupt nichts dagegen einzuwenden, wenn ein junger Ingenieur aus eigenem Antrieb, aus Interesse und Ueberzeugung nach dem Diplom und nach einer kurzen, empfehlenswerten Assistentenzeit noch ein paar Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter an einer Hochschule verbringen will; für die wissenschaftliche Weiterbildung und die Promotion sollte er aber nicht die bisherige sondern eine andere, wenn möglich ausländische Hochschule wählen; und eher problematisch ist es, wenn Professoren ihre besten Absolventen dazu anhalten, nach der Assistentenzeit noch mehrere Jahre an der angestammten Hochschule zu bleiben, um im eigenen Institut zu promovieren.

Ein ganz anderer, durchaus sinnvoller Weg zur Weiterbildung und Horizonterweiterung bestünde bei Absolventen der Ingenieurabteilung z. B. darin, zwei, drei Semester an der Architekturabteilung zu studieren oder zwei, drei Jahre als „Statiker für Alles“ in einem hochqualifizierten Architekturbüro zu arbeiten. Sie könnten sich damit nämlich genau das Berufsverständnis erwerben, das bei der heutigen Ingenieurausbildung zu kurz kommt.

Die Arbeit des konstruktiven Ingenieurs beruht einerseits auf der Baukunde, dem handwerklich-normativen Teil mit dem immer komplexeren Nachweis von Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit und andererseits auf der Baukunst, dem eigentlichen kreativen Teil mit der Entwicklung eines konstruktiv einwandfreien, für die optimale Balance von Wirtschaftlichkeit und Aesthetik geeigneten Tragwerkkonzepts.

Grundsätzlich ist die Baukunde - vor allem mit Blick auf die Sicherheit - prioritär, juristisch relevant und Gegenstand aller Qualitäts-Kontrollen; die Baukunst hat sekundäre Bedeutung; juristisch relevant sind höchstens grobe Fehler im Kostenvoranschlag.

Vor allem aus diesem Grunde klammern sich die Bauingenieure heute ganz an die Baukunde und die Naturwissenschaft. In die andere Richtung, auf die Kunst fällt kaum noch ein Blick und es fehlt deshalb im Bauingenieurwesen oft an Baukultur. Fast immer wird bei der Planung im Rahmen der politisch verordneten Auflagen das Kostenminimum anvisiert. Das gilt auch bei den meisten Brücken. Dazu kommt leider noch, dass viele Verwaltungen versuchen, durch den Erlass unnötiger, einschränkender Bestimmungen Sachverständnis zu dokumentieren, um sich von der Beurteilung origineller Entwürfe und der Auseinandersetzung mit neuen Ideen zu entlasten. Das trifft leider oft auch junge, phantasievolle Ingenieure, die aus der Standardisierung ausbrechen möchten; dann aber doch bald einmal resignieren.

Und statt in dieser Situation konstruktive Kreativität und Phantasie zu fördern, befasst man sich an vielen Hochschulen hauptsächlich damit über Dissertationen normkonforme, programmierte Bemessungsmethoden zu entwickeln. Das Ansehen unseres Berufes wird aber nicht verbessert, wenn Ingenieure zu Architektengehilfen mit Dokortitel ausgebildet werden, und das Endergebnis dieser Entwicklung dürfte schliesslich darin bestehen, dass das konstruktive Ingenieurwesen auf einen Knopf auf dem Computer des Architekten reduziert und der letzte, echte Ingenieur-Konstrukteur in die Wüste geschickt wird.

Das ist die Falle, die sich die Ingenieure selbst gestellt haben und aus der sie sich befreien müssen.

Brückenkonzepte

Zur Illustration meiner Ausführungen möchte ich noch kurz auf die Erarbeitung von Brückenkonzepten eingehen. Hier, bei der Entwicklung und Erarbeitung des konstruktiven Konzepts müssen nämlich Baukunde und Baukunst - im Gegensatz zur juristischen Beurteilung - gleichwertig sein; hier darf es keine Hierarchie geben. Man darf nicht - wie es in einfachen Fällen üblich ist - von irgend einem funktionellen, tragsicheren System ausgehen, das am Schluss noch ein bisschen gestaltet wird, und man darf - z. B. bei Stadtbrücken - noch weniger von einer mehr oder weniger originellen, bildhaften, architektonischen Idee ausgehen, die dann vom sogenannten Statiker mit mühevollen Aufwand zum Tragen gebracht wird.

Brückenkonzepte müssen m. E. immer vom Ingenieur mit Blick auf Oekonomie und Ästhetik konsequent und pragmatisch aus den funktionellen Anforderungen und den spezifischen Randbedingungen und sicher nicht aus einer architektonischen oder aus einer willkürlichen statisch-konstruktiven Idee entwickelt werden.

Unter funktionellen Anforderungen versteht man

Verkehrsart, Linienführung der Fahrbahn, Fahrbahnquerschnitt und
Baukunde bzw. Normen

Die technischen Randbedingungen bestehen aus

Topographie, Geologie, Hydrologie, Seismologie
Lichttraumprofilen,
lokaler Bautechnik und Bauzeit

Und die wichtigsten Umwelt-Randbedingungen sind

Umweltverträglichkeits-Bedingungen inbezug auf Baugelände, angrenzende Bausubstanz, Wasser, Vegetation etc.
Emissionslimiten während der Bauzeit und dem Betrieb, sowie die Standortqualität, die bestimmt wird durch die Bauwerksexposition und den Repräsentationswert des Bauwerks.

Und das Ziel der Baukunst besteht dann - wie bereits mehrfach betont - unter Berücksichtigung der Standortqualität in der Entwicklung eines konstruktiv einwandfreien, für die optimale Balance von Wirtschaftlichkeit und Aesthetik geeigneten Tragwerkkonzepts.

In Bezug auf Wirtschaftlichkeit wird dabei immer das Kostenminimum als Richtwert anvisiert; aber gute Gestaltung ist nicht gratis. Je nach Exposition und Repräsentationswert des Bauwerks darf sie jedoch bei grossen Brücken höchstens Mehrkosten von etwa 5 % und etwa 15 - 20 % bei mittleren und kleineren Brücken verursachen.

Die Gestaltung einer Brücke ist aus den Gründen, die ich eingehend diskutiert habe, zu einem umstrittenen Problem geworden. Sie wird heute meistens vollständig den Architekten überlassen oder übertragen. Dabei könnte der Ingenieur, wenn er sich ernsthaft bemühen würde, bereits aus eigener Kraft sehr weit kommen. Denn weil sich die Gestaltung einer Brücke praktisch auf eine einzige Komponente, nämlich die Tragkonstruktion konzentriert, lassen sich hier in unmittelbarer Nähe der messbaren Bereiche der Naturwissenschaft ein paar rationale, ebenfalls weitgehend messbare Gestaltungskriterien definieren, die bei der Entwicklung des Tragwerkkonzeptes berücksichtigt oder zumindest überprüft werden sollten. Es sind kurz angedeutet in Bezug auf

Einpassung des Bauwerks in sein räumlich-zeitliches Umfeld

Masstäblichkeit des Tragwerks sowie Kompatibilität von
Tragwerk und Topographie und
Bauwerksgeschichte, Tradition und Stand der Technik

Und in Bezug auf die eigentliche Bauwerksarchitektur sind es die

Visualisierung technischer Effizienz (durch Schlankheit und Transparenz)
Visualisierung der ganzheitlichen Tragwirkung
Ordnung und Einheitlichkeit bezüglich
Tragsystem, Komponenten und Querschnitten
Visualisierung von Stabilität und Kraftfluss
Verfeinerung der statisch erforderlichen Form
Strukturelle Ornamentik und Ornamentik im Kraftfluss sowie ev. Strukturfremde Ornamentik

Ingenieure befassen sich aber leider viel zu wenig mit Gestaltungstheorie; wahrscheinlich weil dieses an sich wichtige Gebiet an den Hochschulen praktisch überhaupt nicht gepflegt wird. Deshalb und unter dem Druck der ausufernden Normen und Vorschriften werden heute in der überwiegenden Mehrzahl mit immer grösserem Aufwand immer banalere Brücken gebaut; und wenn einmal eine repräsentative Stadtbrücke gebaut werden soll, wird nicht ein Ingenieur- sondern ein Architektenwettbewerb durchgeführt, weil den Ingenieuren nicht nur von der Bauherrschaft, den Laien und Architekten sondern - auf Grund ihres Selbstverständnisses - auch von ihnen selbst zwar gute technische Fähigkeiten aber wenig Sinn für Baukultur zugetraut wird.

Viele Architekten betrachten den Brückenbau heute als Prestigeaufgabe und Marktnische in ihrem Tätigkeitsfeld; und sie glauben, sie könnten Brücken - genau gleich wie Hochbauten - unbeschwert von jeder konstruktiven Sachkenntnis entwerfen. Konzeptbegründungen mit bildhaften Ideen und Zielsetzungen sind im Hochbau sehr häufig und nicht zu widerlegen, im Brückenbau sind sie untauglich.

Lassen Sie mich nochmals zurückkommen auf das Bild des Spannungsfeldes zwischen den beiden Polen Naturwissenschaft und Kunst. Genauso wie entlang der fächerförmigen Feldlinien von der Naturwissenschaft zur Kunst die künstlerische Freiheit zunimmt, vermindern sich die messbaren Bereiche und die messbaren Gestaltungskriterien. Es ist durchaus zulässig in nicht messbaren Bereichen ausdrucksvoll-sophistisch und mehr oder weniger diffus zu argumentieren. In messbaren Bereichen ist jedoch nur die präzise Argumentation zulässig. Dieser wichtige Unterschied wird in der Architektur - in der Kunst gibt es keine messbaren Bereiche - oft nicht wahrgenommen. Wir Ingenieure sind oft erstaunt wie frivol sich vor allem sogenannte Stararchitekten zur Begründung ihrer Konzepte mit eloquenten Pirouetten auf das dünne Eis der rationalen Naturwissenschaften hinaus begeben. Offensichtlich falsche naturwissenschaftliche Behauptungen lassen dann auch unüberprüfbare Aussagen auf der künstlerischen Ebene fragwürdig erscheinen.

Auch wenn mataphorische Brückenkonzepte noch so sprachgewaltig begründet werden; sie sind meistens nichts anderes als ein Ausdruck konstruktiver Unfähigkeit und Hilflosigkeit. Besonders bei Stadtbrücken finden sich leider oft solche Konzepte mit entliehenen, kurzlebigen Trends bzw. Modeströmungen aus der Hochbauarchitektur: Uneinheitliche Tragsysteme und Kraftflussvisualisierungen, die weder erdbaumechanisch noch statisch-konstruktiv möglich sind. Alle mir bekannten, rein architektonisch konzipierten Stadtbrücken, die am Anfang mit grossem Aufwand eingeläutet und schön geredet wurden, verschwanden bald in unbeachteter, dedeutsloser Anonymität, wie ein tot geborenes Kind, das sich allmählich im Sande verläuft - um hier auch einmal eine sinnlose, den fragwürdig gedrechselten Begründungen entsprechende Metapher zu verwenden.

Damit will ich keineswegs sagen, dass die Mitarbeit eines Architekten im Brückenbau nicht anregend und bereichernd sein könnte. Im Gegenteil; aber die Führung beim Entwurf eines Brücken-Tragsystems muss beim Ingenieur bleiben. Und der Ingenieur braucht dazu nicht spezielle Detailkenntnisse; er braucht auf der künstlerischen Seite konstruktive Kreativität und Phantasie, ein sicheres Formgefühl, Gestaltungswillen und kulturelles Verantwortungsbewusstsein und auf der naturwissenschaftlichen Seite braucht er neben einem sicheren Gefühl für den Kraftfluss, das Baugrundverhalten, die Bautechnik und die

Baukosten Grundlagenkenntnisse in der Dynamik in Bezug auf Schwingungen, Erdbeben, Wind und Anprall, und in der Materialtechnologie in Bezug auf Ermüdung und Korrosion. Alle diese Aspekte müssen in den Entwurf einfließen, sie müssen gewichtet und zu einer optimalen Sythese verarbeitet werden.

Epilog

Vor fast 50 Jahren begann ich mit den ersten kleinen Schritten in meiner beruflichen Tätigkeit; doch bald kehrte ich als Assistent an die Hochschule zurück, um meine noch ziemlich unsicheren Kenntnisse in Statik und Konstruktion etwas zu stabilisieren, und nach einigen Jahren konnte ich dann in der Praxis meinen Studententraum, Brücken zu bauen verwirklichen. Ich/ wir hatten damals einmalige Chancen und Möglichkeiten. Wir machten allerdings auch viele Fehler und hatten viel zu lernen aus neuen wissenschaftlichen Untersuchungen. Aber am wichtigsten war für mich immer das kritische Reflektieren der eigenen Arbeit. Ich habe mich ehrlich bemüht, jedes einzelne von mir entworfene Bauwerk in technischer aber auch in architektonischer Hinsicht gründlich zu überdenken, um daraus zu lernen. Vor zwei Jahren sagte ich im Zusammenhang mit dem Entwurf der Sunniberg-Brücke: „Nach all meinen Erfahrungen und Bemühungen, die technisch, wirtschaftlich und ästhetisch optimale Lösung zu finden, hoffe ich, dass ich bei dieser Brücke



Bild 5: Sunnibergbrücke, Klosters



Bild 6: Sunnibergbrücke, Klosters

endlich einmal sagen kann: Hier muss nichts geändert, nichts hinzugefügt und nichts weggenommen werden. Damit hätte ich in meiner Arbeit ein lang ersehntes Ziel erreicht.“ Die Brücke ist jetzt fast fertig und ich bin mir nicht mehr so sicher, ob alles richtig war. Die Pylone entsprechen nicht ganz meinen Gestaltungskriterien. Ich habe versucht, diesen Widerspruch schon beim Entwurf zu beseitigen. Es ist mir damals nicht gelungen und ich habe den kleinen Mangel in Kauf genommen; aber jetzt hat mich das Problem wieder eingeholt; Das Bauwerk im Massstab 1:1 zeigt, dass dem Kraftfluss entsprechende, oben schmalere Pylone vielleicht doch besser gewesen wären. (Bild 5, Bild 6)

Mit meinen ehrlichen Bemühungen bin ich meinem Ziel zwar näher gekommen; aber ich glaube nicht, dass ich es je erreichen werde.

Prof. Dr.-Ing. Christian Menn
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Plantaweg 21· CH-7000 Chur